

とびに 840°C まで採用した。恒温変態温度は空冷時の変態終了温度に近い 690°C から 10°C とびに上昇して 740°C までを選んだ。時間は 1mn から約 16 h まで対数的に等間隔とした。これらの試験片の硬度の測定結果を Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 に示す。780°C, 820°C に対する結果を省略した。これらの結果からつぎのことがわかった。

(a) 690~710°C に変態の速く起る部分がある。この結果は通常の恒温変態曲線の一部を示すものである。したがってこれを参照すれば最も変態速度の早いのはより低温部にあるのであるからこの実験において変態速度の速いのが低温部に位置するのは当然である。

(b) 740°C では変態が開始するまでに 1 h 以上を要する。

(c) 最高加熱温度の低いほど 690~710°C の最軟化状態は早期に始まる。

(d) 最高加熱温度の高いほど 740°C における変態の終了は早期に終る傾向が認められる。

## 2) 顕微鏡組織の変化

硬度測定を終った試験片についてすべて顕微鏡組織を調べた。その結果を Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3 に記号として範囲を示した。球状化組織は炭化物の表面張力と原子の拡散によつて層状パーライトから変化することが考えられるがこれ以外に変態と同時に球状化する温度範囲のあることがわかる。この温度範囲では変態とほとんど同時に球状化するので球状化組織を得るための時間が非常に短い。760°C の最高加熱温度に対して 700°C の変態で 5mn で組織としては球状化している。最高加熱温度が高くなると変態は同様に早く終了するけれども変態後球状化しないで層状パーライトとなる。変態と同時に球状化する温度の下限は最高加熱温度の上昇とともに上昇して、840°C の最高加熱温度ではこの方法では球状化組織は得られなくなる。したがって実用的に球状化組織を得るためには 760~780°C に加熱した後 700~710°C に 10~20mn 加熱すれば組織としては球状化組織が得られる。しかし硬度は従来の方法により焼鈍されたものより若干高い。

最高加熱温度の上昇によつて層状パーライトと球状化組織との境界線が上昇する原因について種々考えられるが温度差の大きくなること、すなわち過冷却状態の程度の大きいことによると考えている。

## IV. 実験結果の工業的応用

工業的な利用法には若干の問題がないでもない。すなわち加熱温度範囲が狭いので工業的にはやや困難であ

る。この方法によつてできた製品の硬度が従来の方法に比べて高いことも問題である。さらに恒温変態温度までの冷却速度の影響も研究しなければならないであろう。現実に鋼管について適用した実績については本稿では省略するが講演では述べるつもりである。これについてもなお研究の余地はあるけれども過去の研究では 6 h 程度が最も短縮された状態であるのでこれに比べるといじりしく短縮しうる。可能性のあることがわかった。

## (152) 熱間押出軸受鋼について

金属材料技術研究所

工博○上野 学・池田 定雄

Hot-Extruded Ball-Bearing Steel.

Dr. Manabu Ueno and Sadao Ikeda.

### I. 緒 言

最近わが国の製鋼会社にユージン・セジュール法による熱間押出製管方法の技術導入が行なわれ、軸受鋼のパイプ材が盛んに製造されて市販されている。一方、軸受の輸出は驚異的なのびを見せ、各軸受メーカーは大量生産に拍車をかけている。このため軸受鋼のパイプ材は益々その必要性をみとめられるようになった。

この際、熱間押出による加工法が軸受鋼の金相学的性質および耐久性にいかなる影響をおよぼすかを知ることが興味あることなので、この点を追求した結果を本稿に報告する。

### II. 試料の化学組成および介在物

供試材の化学組成を Table 1 に示す。つぎに供試材の履歴を Table 2 に示す。No. 1, No. 2 は B1 の組成の 250 kg 鋼塊を鍛造にて  $\phi 85\text{mm}$  丸棒に加工したもので、鍛造比は約 6.5 である。No. 1 の試料はこの丸棒の周辺部、No. 2 のそれは丸棒の中心部より削り出したものである。No. 3~No. 6 は、B1 組成の 250 kg 鋼塊よりピレットに鍛造し熱間押出機にて  $\phi 65\text{mm} \times 47\text{mm}$  のパイプ材に加工した鋼材より削り出したものである。No. 3~No. 6 の間の相異は Table 2 に示すように熱処理条件が異つていだけである。No. 3~No. 6 の押出材の鍛造比は 16.6 である。No. 7 の試料は、A1 組成の 1.5 t 鋼塊を鍛造にて  $\phi 8\text{mm}$  の丸棒に加工した鋼材より削り出したものである。したがって鍛造比は 21.8 となつている。

これらの試料の非金属介在物を新学振法第 3 法（点算法）で測定すると Fig. 1 のようになる。これからも明らかに熱間押出により介在物の面積率が増加する

Table 1. Chemical composition.

| Charge No. | C%   | Mn%  | Si%  | P%    | S%    | Cr%  | Cu%  | V%    | Ni%  | Sn%   | Ingot size |
|------------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------------|
| A 1        | 0.94 | 0.36 | 0.23 | 0.012 | 0.010 | 1.40 | 0.02 | 0.086 | 0.03 | 0.037 | 1.5 t      |
| B 1        | 0.98 | 0.43 | 0.33 | 0.011 | 0.008 | 1.43 | —    | —     | —    | —     | 250 kg     |

Table 2. History of specimens.

| Code of specimen | Charge No. | Working of Specimen.                        | Heat treatment                         | Remark                     |
|------------------|------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| No. 1            | B 1        | Forged bar ( $\phi$ 85 mm)                  | 920°C×1hr air cool→780°C spheroidizing | Cut from the circumference |
| No. 2            | B 1        | Forged bar ( $\phi$ 85 mm)                  | 920°C×1hr air cool→780°C spheroidizing | Cut from the core          |
| No. 3            | B 1        | Extruded pipe ( $\phi$ 65 mm× $\phi$ 47 mm) | As extrude→780°C spheroidizing         |                            |
| No. 4            | B 1        | Extruded pipe ( $\phi$ 65 mm× $\phi$ 47 mm) | 920°C×1hr air cool→780°C spheroidizing |                            |
| No. 5            | B 1        | Extruded pipe ( $\phi$ 65 mm× $\phi$ 47 mm) | As extrude→810°C spheroidizing         |                            |
| No. 6            | B 1        | Extruded pipe ( $\phi$ 65 mm× $\phi$ 47 mm) | 920°C×1hr air cool→810°C spheroidizing |                            |
| No. 7            | A 1        | Forged bar ( $\phi$ 8 mm)                   | 920°C×1hr air cool→810°C spheroidizing |                            |

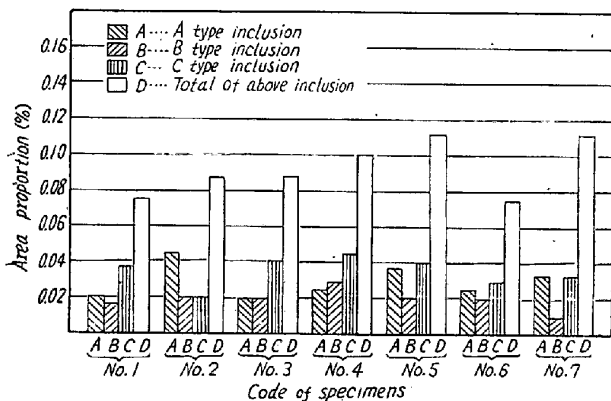


Fig. 1. Nonmetallic inclusions of different specimens.

ような傾向はみとみられない。

### III. 球状炭化物の分布と挙動および曲げ強度試験

当初は熱処理条件，すなわち球状化温度により球状化炭化物の大きさを換えんとしたが，失敗した。これは炭化物の大きさに球状化温度よりも，むしろ球状化温度よりの冷却速度に影響されやすいことが後日判明したからである。講演会当日図示するが，No. 1～No. 7の試料の炭化物の平均大きさは  $0.75\mu\sim 0.93\mu$  で，標準偏差は  $0.40\sim 0.59$  の範囲にあつた。

つぎに，各試料を  $820^\circ\text{C}$ ， $840^\circ\text{C}$ ， $860^\circ\text{C}$  の各焼入温度に  $10\text{mn}\sim 60\text{mn}$  保持した際の残存炭化物と硬度との関係を求めた。その結果熱間押出によつて球状炭化物の挙動がいちじるしく変化する傾向はない。この結果も当日図示する。

上記各試料より  $\phi 3\text{mm}\times 118\text{mm}$  のニードル試験片

を圧延方向に平行におのおの 100 本割り出した。このニードル試験片をいずれも  $840^\circ\text{C}\times 40\text{mn}$  加熱後油焼入し， $150^\circ\text{C}\times 1\text{h}$  の焼戻処理を行なつた。これをセンターレス・グラインダにて  $\phi 2.81\text{mm}\times 118\text{mm}$  に表面研削した。そして表面を超仕上げ研磨して，いずれのニードル試験片も  $-0.5\sim 0\mu$  の範囲にあるよう注意した。

JIS による針状コロの曲げ強度試験<sup>1)</sup>を各試料の試験ニードルについて 10 本ずつ行なつて曲げ応力を求め，かつこのニードルの硬度を明石微少硬度計で測定した。これらの結果を Fig. 2 に図示する。これから曲げ応力の平均値は熱間押出しによりわずかながら高くなる傾向を示す。また，ばらつきの範囲も狭くなるような傾向もあるが，No. 5 の例外もあるので明確でない。

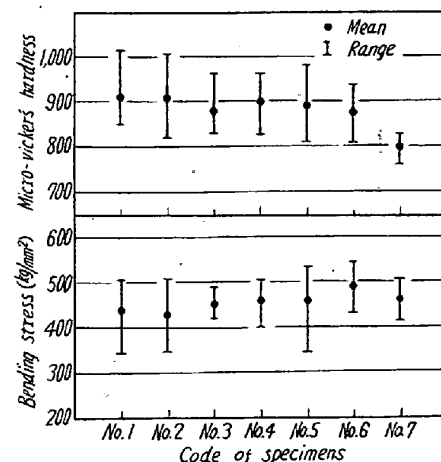


Fig. 2. Bending stress and microhardness of each specimen.

## IV. 早期寿命試験について

筆者が前々回報告した早期寿命試験機<sup>2)</sup>でもって、荷重条件  $P_{\max} = 500 \text{ kg/mm}^2$  の下で寿命試験を各試料についておのおの約 30 本実施した。そして“flaking”が発生するまでの繰返数のデータを統計的に処理した結果を Fig. 3 に図示する。横軸は繰返数の対数値、

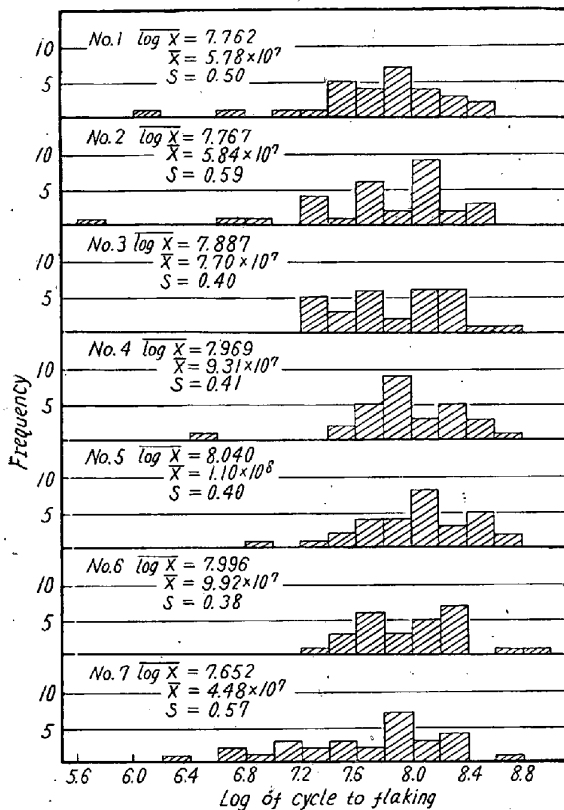


Fig. 3. Histogram of the logarithm of cycle to flaking.

縦軸は度数を示す。今迄の結果ではこのような寿命試験結果は一般に対数正規分布になるはずであるが、この Fig. 3 では対数正規分布になったものもあるが、可成り対数正規分布よりはづれたものもある。この Fig. 3 より明らかなように、熱間押出材の耐久性は可成り良好で、繰返数の平均値 ( $\bar{X}$ ) は素材よりも約 1.5~2.4 倍も向上している。かつまた、標準偏差 ( $S$ ) が熱間押出により小さくなり、“flaking” 発生時の繰返数のばらつきが可成り小さくなるものと考えられる。また、初期の“flaking” 発生時の確率も可成り減ずるものと思われる。上記の理由について明確な原因を指摘できないが、つぎのように考察し得る。すなわち、P. H. FRITH<sup>3)</sup>が指摘したように疲労に悪影響を与える介在物は“Diamond-shaped cavity”を持つ珪酸塩系介在物であると仮定すると、この珪酸塩系介在物は鍛造温度のいかににより塑性変形を受けたり、または受けなかつたりする。熱間

押出材では、熱間加工は瞬間的に行なわれるので、加工時の温度低下はあまり考えられないので、珪酸塩系介在物は完全に塑性変形を受けて長く圧延方向に伸びるが、鍛造による熱間加工では加工中に温度低下を生じて珪酸塩系介在物の一部は変形せず球状のまま冷却する。その際、素地と介在物との収縮係数の相異により、介在物の周辺に“cavity”を生ずる。このためこの部分が疲労による繰返荷重を受けるとクラックの核となる恐れがあると思われる。

## V. 結 言

以上の結果を総括すると、

(1) 熱間押出加工法は、非金属介在物の量および球状化炭化物の分布、挙動にいちじるしい影響をおよぼさない。

(2) 熱間押出材より削り出したニードル(針状コロ)の曲げ応力の平均値は素材のそれよりもわずかながら良いように思われるが、ばらつきの範囲を考えると大差はない。かつ、ばらつきの範囲についていえば狭くなる傾向があるが、例外もあつた。

(3) 早期寿命試験結果によると、熱間押出により耐久性(寿命)が可成り向上し、“flaking” 発生時のばらつきも可成り良好である。熱間押出材について  $920^{\circ}\text{C} \times 1 \text{ h} \rightarrow$  空冷処理が必要であるという理由は今回の結果では確認できず、熱間押出後ただちに球状化焼鈍処理しても悪影響はみとめられない。

## 文 献

- 1) JIS, B1504—(1954): 針状コロ
- 2) 上野, 中島: 鉄と鋼, 45 (1959) 506
- 3) P. H. FRITH: J. Iron & Steel Inst. 180 (1955) 26

(153) 含鉛特殊鋼の材力信頼性について  
(鉛快削鋼の研究—Ⅻ)

大阪特殊製鋼

○荒木 透・小柳 明・大橋久道

On the Reliability of Material Strength of Leaded Alloy Steels.

(Study on the leaded free-cutting steels—XII)

Tōru Araki, Akira Koyanagi  
and Hisamichi Ohashi.

## I. 緒 言

自動車工業の国内における発展にともなつて鉛快削鋼の需要は飛躍的に増大しつつあるが、諸外国の例から比